

## Beschreibung

## Verfahren zur Justage und zur Belichtung eines Halbleiterwafers

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Justage und zur Belichtung eines Halbleiterwafers mit einem Strukturmuster in einem Belichtungsgerät.

- 10 Aufgrund der stetig steigenden Anforderungen bei der Herstellung integrierter Schaltungen werden die zulässigen Toleranzabweichungen in bezug auf die Strukturbreiten der gebildeten Strukturelemente sowie der relativen Lagegenauigkeiten nachfolgend übereinander gebildeter
- 15 Strukturelemente zunehmend enger. Bei der lithographischen Projektion der Strukturen beispielsweise von einer Maske auf Halbleiterwafer oder andere plattenförmige Objekte wie beispielsweise Flat-Panels etc. werden daher auf den Halbleiterwafern Justiermarken in X- und Y-Richtung
- 20 strukturiert. Mit Hilfe dieser Justiermarken können die in einer Ebene der Schaltung gebildeten Strukturelemente mit denjenigen Strukturelementen einer weiteren Ebene, welche in einer lithographischen Projektion aktuell gebildet werden sollen, in bezug auf die Positionierung in Übereinstimmung
- 25 gebracht werden. Im allgemeinen kann zu diesem Zweck der den Halbleiterwafer aufnehmende Substrathalter bewegt werden. Die gebildeten Justiermarken werden dabei in dem Belichtungsgerät mit z.B. eingeblendeten Referenzmarken, welche eine Positionierung der von der Maske zu projizierenden
- 30 Strukturelemente repräsentieren, verglichen werden. Der Vorgang des Ausrichtens des Halbleiterwafers wird auch Alignment genannt. Justiermarken werden auch als Alignment-Marken bezeichnet.
- 35 Bevor es üblicherweise zu einer Belichtung eines bereits aufgetragenen photoempfindlichen Lackes in einem lithographischen Projektionsschritt kommt, finden auf den

Halbleiterwafer und damit auch auf den Justiermarken, welche die gebildeten Strukturen der zuletzt aufgebracht und strukturierten Schicht in bezug auf ihre Position repräsentieren, weitere physikalische oder chemische Prozesse statt. Diese Prozesse können zu einer Einebnung oder Verformung zur Bildung von Asymmetrien in den Justiermarken oder auch einer Verschiebung der Originalmarke in bezug auf die neu aufgetragene Schicht führen. Besonders im Fall des Auftretens von Asymmetrien ist es möglich, daß eine Lageverschiebung des Mittelpunktes einer oder mehrerer Justiermarken unbeabsichtigt herbeigeführt wird.

Beispiele für physikalische oder chemische Prozesse, die einen nachteilhaften Effekt auf die Lage oder die Form einer Justiermarke haben können, sind die Abscheidung von Schichten wie etwa Aluminium oder Kupfer, chemisch mechanische Polierschritte die etwa die Wolfram- oder Oxidpolierung oder auch Resist-Spin-Effekte beim Aufbringen photoempfindlicher Lacke vor der eigentlichen Belichtung. Das Ergebnis der Verschiebung von Justiermarken ist, daß der Halbleiterwafer in dem Belichtungsgerät auf eine Position ausgerichtet wird, welche nicht derjenigen Position der tatsächlich unter einer aufgebracht oder modellierten Schicht verborgenen Justiermarke entspricht. Vielmehr wird die Justierposition des Wafers von den auf die Signaturen der Justiermarken in einer übergeordneten oder modellierten Schicht einwirkenden Prozessen beeinflußt. Im Falle einer Metallabscheidung können beispielsweise statistische Verteilungen in bezug auf die Lagegenauigkeit in Höhe von 80-100 nm ( $3\sigma$ -Fehler) vorkommen, wenn keine Korrekturen bei der Justage angewendet werden.

Die auf die Justiermarken einwirkenden Prozesse bewirken oftmals Signaturen, die einen systematischen Effekt in Abhängigkeit von der Position der Justiermarken auf den Halbleiterwafer widerspiegeln. Ein Beispiel stellen radiale Effekte dar, welche z.B. bei der Abscheidung einer Schicht auf dem Halbleiterwafer vorkommen können. Auch in

Polieranlagen bestimmten Aufbaus kann es zu einer radialen Ausbildung von Verschiebungen kommen. Je weiter eine Justiermarke bzw. ein Strukturelement zum Rande des Halbleiterwafers hin angeordnet ist, desto stärker wird die  
5 Abbildung der Justiermarke bzw. des Elementes in der abgeschiedenen Schicht zum Rande hin verschoben. Es findet eine Lagerverschiebung in Form einer vergrößernden Abbildung der unterliegenden Strukturen in die aktuelle Schicht statt (engl. Magnification). Das Ausmaß dieser Effekte, d.h. die  
10 Stärke der Lageveränderung der Justiermarken, besitzt im allgemeinen einen linearen Zusammenhang mit der Position auf dem Wafer, beispielsweise dem Radius.

Belichtungsgeräte wie Wafer-Scanner oder Wafer-Stepper sind  
15 zumeist mit der Möglichkeit versehen, lineare Korrekturen bei der Justage zur Belichtung einzelner Belichtungsfelder durchzuführen. Hierbei können die Rotation, die Translation, die genannte Magnification und der Wafer-Skew auskorrigiert werden. Anhand von globalen Justierparametern werden in  
20 Abhängigkeit von der Position des Belichtungsfeldes auf dem Wafer die entsprechenden Korrekturen vorgenommen.

Durch diese linearen Korrekturen ist es gelungen die  $3\text{-}\sigma$ -Fehler in X- und Y-Richtung auf dem Wafer erheblich zu  
25 reduzieren. An dem genannten Beispiel der Metall-Abscheidung konnten die entsprechenden Fehler-Werte für die Lagegenauigkeit beispielsweise auf etwa 20 nm gesenkt werden. Aufgrund der weiter steigenden Anforderungen in bezug auf die zu erreichende Lagegenauigkeit werden jedoch in naher Zukunft  
30 auch diese reduzierten Werte durch vorgegebene Toleranzgrenzen erreicht.

Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein Verfahren zur Verfügung zu stellen, mit dem der Restfehler in  
35 der Lagegenauigkeit eines lithographischen Strukturierungsprozesses, welche von Einwirkungen chemisch, mechanisch oder physikalisch durchgeführter Prozesse auf die

Justiermarken eines Halbleiterwafers herrührt, weiter zu reduzieren.

Die Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren zur Justage und zur Belichtung eines Halbleiterwafers mit einem Strukturmuster in einem Belichtungsgerät, umfassend die Schritte:

- a) Bereitstellen des Halbleiterwafers mit wenigstens einem Belichtungsfeld, auf welchem eine erste Schicht angeordnet ist, in welcher jeweils wenigstens eine Justiermarke zur Ausrichtung eines Halbleiterwafers in dem Belichtungsgerät zur Belichtung des Belichtungsfeldes gebildet ist,
- b) Bilden einer Meßstruktur mit einer ersten Lageposition in dem Belichtungsfeld in der ersten Schicht,
- c) Anwenden eines chemischen oder physikalischen Prozesses wenigstens auf das Belichtungsfeld mit der Meßstruktur,
- d) Messen einer zweiten Lageposition der Meßstruktur nach dem Anwenden des Prozesses,
- f) Vergleich der ersten und der zweiten Lageposition zur Bestimmung eines den Einfluss des angewendeten Prozesses auf den ersten Abstand in dem Belichtungsfeld charakterisierenden Unterschiedes,
- g) Laden des Halbleiterwafers in das Belichtungsgerät und Justieren des Halbleiterwafers anhand der wenigstens einen Justiermarke zur Festlegung einer Belichtungsposition für das Belichtungsfeld,
- h) Korrigieren der Belichtungsposition des Belichtungsfeldes in dem Belichtungsgerät in Abhängigkeit von dem Unterschied zum Ausgleich des Einflusses des angewendeten Prozesses,
- i) Durchführen der Belichtung mit der korrigierten Belichtungsposition,
- k) Wiederholen der Schritte a) bis i) zur Korrektur wenigstens zweier weiterer Belichtungsfelder, wobei die jeweils angewendeten Korrekturen eine nichtlineare Abhängigkeit von der Position des ersten und des jeweils wenigstens einen weiteren Belichtungsfeldes auf dem Halbleiterwafer aufweisen.

Es werden für die Belichtung einzelner Belichtungsfelder individuelle Korrekturen von zunächst auf Justiermarken justierten Belichtungspositionen einzelner Belichtungsfelder in einem Belichtungsgerät aufgrund verbliebener Restfehler unterschiedlich von den anzuwendenden Korrekturen für jeweils benachbarte Belichtungsfelder durchgeführt. Die Korrektur kann dabei in Abhängigkeit von der Position des Belichtungsfeldes auf dem Halbleiterwafer ausgewählt werden. Insbesondere wird eine nichtlineare Funktion der Position auf dem Halbleiterwafer für den Umfang der Korrektur ausgewählt.

Würde gemäß dem Stand der Technik eine Vergrößerung (Magnifikation) oder Rotation mit einem globalen, d.h. für den gesamten Halbleiterwafer gültigen, Vergrößerungs-/Verkleinerungs- bzw. Rotationswert durchgeführt, so wird erfindungsgemäß in Abhängigkeit vom Ort auf dem Wafer, beispielsweise dem Radiusabstand vom Mittelpunkt des Wafers, jedem Belichtungsfeld ein individueller Korrekturwert zugeordnet und mit diesem die Justage durchgeführt. Nichtlineare, systematische Effekte, welche durch ihre bisherige Nichtberücksichtigung gemäß dem Stand der Technik in den Restfehler eingingen, können dadurch auf vorteilhafte Weise eliminiert oder wenigstens erheblich reduziert werden.

Das erfindungsgemäß Verfahren sieht vor, daß zusätzlich zu den Justiermarken zur Durchführung des Alignments in dem Belichtungsgerät weitere Meßstrukturen bzw. -marken gebildet werden, welche anschließend zur Bestimmung der Lageveränderung durch den einwirkenden Prozeß beispielsweise in einem speziellen Mikroskopmeßgerät untersucht werden. Die Meßstrukturen werden zunächst in einer ersten Schicht gebildet, in welcher auch die Justiermarken gebildet sind. Um Belichtungsfelder einzeln korrigieren zu können, werden in den betreffenden Belichtungsfeldern jeweils Justier- und Meßstrukturen in der ersten Schicht gebildet. Je nachdem, ob durch einen Abscheideprozeß eine zweite Schicht aufgebracht

wird oder durch einen Polierprozeß, etc. die vorhandene erste Schicht nachmodelliert wird, wird mit dem Mikroskopmeßgerät die vorher in einem lithographischen Schritt vorgegebene Lageposition der gebildeten Meßstruktur mit der nach  
5 Durchführung des Prozesses gemessenen Lageposition verglichen.

Die Belichtungsposition ist die Position des zu belichtenden Belichtungsfeldes relativ zum Strahlengang des  
10 Projektionsapparates. Sie entspricht einer Koordinateneinstellung eines in der XY-Ebene verfahrbaren Substrathalters, auf welchem der Halbleiterwafer während einer Belichtung gelagert ist. Durch eine Justierung (Schritt g) auf die Justiermarken werden die Justiermarkenpositionen  
15 im Koordinatensystem des Substrathalters aufgenommen. Eine erfindungsgemäße Korrektur (Schritt h) der an diesen Justiermarkenpositionen festgehaltenen Belichtungsposition findet beispielsweise statt, indem die Justiermarkenpositionen um den in Schritt (f) bestimmten  
20 Unterschied - umgerechnet auf das Koordinatensystem des Substrathalters - datentechnisch verändert werden. Mit den neuen, datentechnisch geänderten Justiermarkenpositionen wird der Substrathalter zum Einstellen der Belichtungsposition verfahren.

25 Erfindungsgemäß wird die bisher durchgeführte lineare, globale Korrektur durch eine nichtlineare Korrektur ersetzt. Zusätzlich zu der Ableitung einer solchen nichtlinearen Funktion aus den Messungen (Schritt f), bei welcher immer  
30 noch eine funktionelle Abhängigkeit der Korrektur eines Belichtungsfeldes von einem benachbarten Belichtungsfeld besteht, ist gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung auch vorgesehen, eine völlig unabhängige Korrektur der Belichtungsfelder voneinander individuell vorzunehmen, also  
35 eine „shot“-feine Korrektur.

Gemäß verschiedenen Ausgestaltungen ist dies mittels verschiedener Methoden möglich. Eine Methode besteht darin, mittels eines Rasterelektronenmikroskops (Scanning Electron Microscope, SEM) die durch den Prozeß modellierte, d.h.

5 überformte Topographie detailliert zu untersuchen und mit Referenzpositionen zu vergleichen.

Alternativ kann auch eine Meßstruktur gebildet werden, welche mehrere Teilstrukturen, d.h. erste und zweite Meßstrukturen

10 umfaßt, von denen nur z.B. die erste Teil-Meßstruktur in einem Ätzprozeß freigeätzt wird. Die ursprüngliche, tieferliegende Meßstruktur kann von dem Meßgerät somit erfaßt werden. Diese wird dann mit den modellierten Meßstrukturen verglichen. Hierbei ist wichtig, daß der Abstand der Teil-  
15 Meßstrukturen voneinander bei der Bildung der Meßstrukturen bereits bekannt ist. Daher braucht in dem nachfolgenden Meßprozeß zur Bestimmung der Lagepositionen wiederum nur der relative Abstand der freigeätzten von den nicht geätzten Teilstrukturen gemessen zu werden, um diesen zuletzt mit dem  
20 ursprünglichen, lithographisch strukturierten Abstand vergleichen zu können. Der sich daraus ergebende Unterschied beziffert das Maß der Lageverschiebung durch den einwirkenden Prozeß. Die vorgeschlagene Meßstruktur mit frei- und nicht freigelegten Teilstrukturen wird auch intrinsische Box  
25 genannt.

Bei dem einwirkenden Prozeß kann es sich um z.B. um Abscheideprozesse wie CVD (chemical vapor deposition), PECVD (Physically enhanced CVD), etc., handeln. Es ist auch ein  
30 epitaktische Schichtwachstum denkbar. Ein weiterer einwirkender Prozeß betrifft das chemisch-mechanische Polieren (CMP). Auch das Aufbringen von beispielsweise photoempfindlichen Lackschichten (Resists) ist eingeschlossen.

35

Gemäß einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung wird die Justage für den dem Prozeß

nachfolgenden Lithographieschritt für jedes Belichtungsfeld derart durchgeführt, daß der gemessene Unterschied, welcher beispielsweise einen Betrag und eine Richtung als Vektor umfaßt, unmittelbar als Korrekturwert verwendet wird, wobei  
5 lediglich zum Ausgleich der Lageverschiebung das Vorzeichen des Richtungsvektors genau umgedreht wird, so daß der Richtungsvektor in die genau entgegengesetzte Richtung bei gleichem Betrage zeigt. Diese Korrektur wird allerdings erst angewandt, nachdem eine Justage auf die in gleichem Maße wie  
10 die Meßstrukturen überformten Justiermarken in der ersten bzw. zweiten Schicht durchgeführt wurde. Die daraus bestimmte erste Belichtungsposition wird um den Korrekturwert - in dieser Ausgestaltung der den Vektor des Unterschiedes entgegengesetzte Richtungsvektor - zur Bestimmung einer  
15 zweiten Belichtungsposition nachjustiert.

Die somit vorgeschlagene Methode ermöglicht durch die Positionsabhängige Korrektur der Belichtungsfelder nach einer Justage auf überformte Justiermarken mit Hilfe eines vor der  
20 Durchführung eines lithographischen Projektionsschrittes durchgeführten Meßprozesses für die Prozessierung des gleichen Wafers eine Fehlerreduktion. Die vorliegende Erfindung entspricht somit einem Advanced Process Control (APC) Verfahren. Es kann vorteilhaft mit anderen Verfahren  
25 kombiniert werden, bei welchen aus einer vorherigen Messung einer charakteristischen Größe auf dem Wafer Korrekturen von Parametern in dem Lithographieschritt durchgeführt werden. Beispielsweise können aus Prozeßparameterschwankungen in dem lithographischen Track Ausgleichswerte für  
30 Belichtungsparameter gefunden werden, welche dann auf dem gleichen Wafer angewendet werden.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung können die Korrekturen für die Folgen eines auf dem Wafer  
35 angewendeten Prozesses auch auf einem nachfolgenden, späteren Wafer angewendet werden. Dies bietet sich besonders dann an, wenn entweder Langzeiteffekte aufgrund des durchgeführten



- Prozesses auftreten oder aber geräteabhängige systematische Effekte auftreten, welche für das betreffende Gerät stets wiederkehrend zu der gleichen Signatur bzw. Überformung der Justier- und Meßstrukturen führen. Im letzteren Falle müßte
- 5 dann nicht jedesmal für die betreffenden Belichtungsfelder die Bestimmung der Lagepositionen nach dem überformenden Prozeß durchgeführt werden. Vielmehr könnten die einmal beispielsweise in einem Anlagenkontrolltest aufgenommenen Daten in einer Datenbank gespeichert und in einem
- 10 Belichtungsschritt für das betreffende Belichtungsfeld, welches die gleiche Position auf dem Halbleiterwafer aufweist und in dem gleichen Prozeßgerät den Prozeß erfahren hat, abgerufen werden.
- 15 Langzeiteffekte treten beispielsweise bei Metallebenen auf, die durch Vorzugsrichtungen bei der Abscheidung in einer Anlage entstehen. Diese Vorzugsrichtungen hängen vom jeweiligen technischen Aufbau der Anlagen ab.
- 20 Gemäß diesem Aspekt werden also die Verfahrensschritte zur Bestimmung des Unterschiedes und die Verfahrensschritte zur Anwendung des Unterschiedes auf eine Korrektur der Justage des Belichtungsfeldes an getrennten, ersten und zweiten Halbleiterwafern durchgeführt, denn die Produktion des Produktes
- 25 wird im allgemeinen nicht derart lange angehalten werden können, so daß der gleiche Wafer auf diese Lageverschiebungen hin überprüft werden könnte.

Die Erfindung soll nun anhand eines Ausführungsbeispiels mit

30 Hilfe einer Zeichnung näher erläutert werden. Darin zeigen:

Figur 1 eine Karte der Lageverschiebungen auf einem Halbleiterwafer in Draufsicht (oben) und in Diagrammen (unten) getrennt nach radialen

35 Expansions- und tangentialen Rotationsanteilen: nach Abscheidung einer Metallschicht und nach

anschließend unkorrigierter Belichtung gemäß dem Stand der Technik,

5       Figur 2     wie Figur 1, jedoch nach Anwendung einer für den Wafer globalen, linearen Korrektur der Justage gemäß dem Stand der Technik,

10       Figur 3     wie Figur 1, jedoch nach Anwendung einer für jedes Belichtungsfeld individuellen, nichtlinearen Korrektur gemäß der vorliegenden Erfindung,

15       Es soll eine Metallschicht auf ein Interlayer-Dielektrikum abgeschieden und anschließend chemisch-mechanisch poliert werden. Anschließend ist eine lithographische Strukturierung in einem Belichtungsschritt vorgesehen.

20       Der Halbleiterwafer wird bereitgestellt, wobei er bereits in dem Interlayer-Dielektrikum als erster Schicht Justiermarken sowie Meßstrukturen aufweist. Es wird der Abscheide- und der Polierprozeß zur Bildung einer zweiten Schicht durchgeführt. Sämtliche Strukturelemente sowie die Justier- und Meßstrukturen werden durch den Abscheide- und Polierprozeß überformt. Die Justier- und Meßstrukturen sind aber noch in  
25       der obersten Schicht zur Durchführung einer Overlay-Messung sowie einer Justage erkennbar.

30       Der Halbleiterwafer wird nun in einem weiteren Belichtungsgerät mit einer Freibelichtungsmaske an Teilbereichen der Meßstrukturen freigeätzt. Dadurch werden für die Durchführung einer Messung in einem Overlay-Meßmikroskop Teile der ursprünglichen Meßstrukturen in der unterliegenden Schicht, dem Interlayer-Dielektrikum sichtbar.

35       In dem Overlay-Meßgerät wird der Abstand der freigeätzten von den nicht freigeätzten Strukturen gemessen. In einem weiteren Schritt wird dieser gemessene Abstand mit dem ursprünglich

bekannten Abstand der Teilstrukturen innerhalb des Interlayer-Dielektrikums verglichen. Der Unterschied der beiden Abstände gibt die Lageverschiebung in X- und Y-Richtung wieder.

5

Für sämtliche mit den Meßstrukturen versehenen Belichtungsfelder werden die gemessenen Unterschiede in dem Meßgerät aufgenommen. In den in den Figuren 1 - 3 gezeigten Karten und Diagrammen ist dargestellt, wie sich die Unterschiede auf den nun durchzuführenden Belichtungsschritt auswirken - je nachdem ob eine erfindungsgemäße nichtlineare Korrektur höherer Ordnung bzw. „shot“-fein angewendet wird (Fig. 3), ob eine globale, lineare Korrektur angewendet wird (Fig. 2) oder ob überhaupt keine Korrektur angewendet wird (Fig. 1).

10

15

Im oberen Teil der Figuren 1 bis 3 ist jeweils die Draufsicht auf einen 300 mm-Wafer die durch einen Abscheideprozeß einer Metallebene entstandene Lageverschiebung von Meßstrukturen gezeigt. Es handelt sich in diesen Abbildungen um Meßstrukturen, welche über wenigstens zwei Ebenen, nämlich der Metallebene und der unterliegenden Schichtebene ausgedehnt sind. Die durch die Pfeile gekennzeichneten Lageverschiebungen geben den Unterschied zwischen den in den beiden Ebenen strukturierten Teilstrukturen nach dem Abscheide- und dem Lithographieschritt wieder. Es handelt sich hierbei also nicht um die erfindungsgemäßen Meßstrukturen, sondern um Meßstrukturen zur Wiedergabe des Ergebnisses des erfindungsgemäßen Verfahrens. Die Pfeillängen entsprechen den Beträgen der Lageverschiebungen. Ein Maßstab ist in den Fig. 1 - 3 jeweils unten rechts in oberen Karte eingezeichnet.

20

25

30

35

Figur 1 zeigt den Fall, bei welchem überhaupt keine Korrektur der Belichtungspositionen der in der Justage für die Durchführung eines Belichtungsschrittes angewendet wurde (Stand der Technik).

Wie in Figur 1 im oberen Teil zu sehen ist, findet bei dem Abscheideprozeß der Metallebene eine rotationsähnliche Verschiebung der Meßstrukturen und somit anzunehmender Weise auch der Strukturelemente einer betreffenden Schaltung statt. Die Rotation ist im wesentlichen linear, wie in dem unteren Teil der Figur 1 zu sehen ist. Aufgetragen sind die einzelnen Meßwerte für die Lageverschiebung in Abhängigkeit von der Radiusposition der betreffenden Meßstruktur.

Der in Figur 1 dargestellt Testwafer besitzt einen 3- $\sigma$ -Restfehler an Lagegenauigkeit (Overlay) von 90.2 nm in X-Richtung und 88.6 nm in Y-Richtung.

Wie in Figur 1, unterer Teil auch gezeigt ist, bilden die radialen Anteile (Wafer Expansion) Unabhängigkeit vom Radius einen nicht linearen Zusammenhang.

In Figur 2 ist in einer zu Figur 1 analogen Darstellungsform der Fall dargestellt, bei dem eine lineare Korrekturmethode gemäß dem Stand der Technik für die Justage des mit einer Metallschicht bedeckten Wafers bei der Belichtung angewendet wurde. Hierzu wurde aus allen Meßwerten eine mittlere Rotation von -0.399 ppm ermittelt und als globaler Parameter auf die Gesamtheit der Belichtungsfelder für die Korrektur bei der Justage in einem Belichtungsgerät eingesetzt. Wie im unteren Teil der Figur 2 zu sehen ist, konnte damit die Rotation im wesentlichen auskorrigiert werden, so daß lediglich eine statistische Streuung in der Gesamtheit der Werte überbleibt.

Ein weiterer Parameter, die Vergrößerung (Magnifikation) wurde aus den ursprünglichen Daten wie beispielsweise den in Figur 1 gezeigten ebenfalls ermittelt, mit welchem radiale Effekte korrigiert werden können. Für die Vergrößerung (Magnifikation) in X- bzw. Y-Richtung wurden Werte von 0.032 bzw. 0.038 ppm gefunden und ebenfalls bei der Belichtung zur

Korrektur auch angewendet. Das entsprechende Diagramm in Figur 2, unterer Teil, zeigt, daß sich durch diese lineare Korrektur jedoch nur wenig Änderung in dem radialen Verlauf der radialen Verschiebungseffekte zeigen. Obwohl  
5 offensichtlich ein systematischer Effekt vorliegt, kann durch die bisherige Korrekturmethode der Eingang dieses systematischen Effektes in den Restfehler nicht verhindert werden. Der 3- $\sigma$ -Restfehler beträgt gemäß dieser Methode immer noch 19.0 nm in X-Richtung und 19.2 nm in Y-Richtung.

10

Figur 3 zeigt das Ergebnis nach Anwendung der erfindungsgemäßen Methode auf den in gleicher Weise wie in Figur 1 und 2 prozessierten Halbleiterwafer. Dabei wurde mit einer intrinsic box auf dem Halbleiterwafer der in Figur 1  
15 gezeigte Zustand in einer Messung ermittelt und die einzelnen Belichtungsfelder gemäß dem sich daraus ergebenden Unterschied bei der Justage für eine Belichtung auskorrigiert. Zur Vereinfachung wurde für das vorliegende Beispiel durch Mittelung eine vom Wafermittelpunkt ausgehende radiale  
20 Funktion ermittelt, aus welcher sich mit umgekehrten Vorzeichen die Korrekturwerte ergeben. Die Mittelung erfolgte über einen als Winkel von 360° für einen gegebenen Waferradius. Für jede Belichtungsfeldposition, z.B. den Mittelpunkt eines Belichtungsfeldes, konnte der entsprechende  
25 Funktionswert abgelesen und nach der Justage auf die überformten Justiermarken auf das Alignment aufgerechnet werden.

Im oberen Teil von Figur 3 ist deutlich zu sehen, daß die  
30 einzelnen Lageveränderungen nur eine statistische Streuung zeigen, mit Ausnahme zweier Randbereiche im oberen und unteren Teil des Halbleiterwafers. Letzteres findet seine Ursache darin, daß keine tangentiale Korrektur durchgeführt wurde.

35

Im unteren Teil der Figur 3 ist zu sehen, daß sowohl die radialen wie auch die tangentialen Effekte (Rotation) im

wesentlichen auskorrigiert wurden. Um diesen Erfolg zu erreichen, muß dort für jedes Belichtungsfeld einzeln eine Verschiebung (Translation), Vergrößerung (Magnifikation), Rotation etc. berechnet und angewendet werden. Als Resultat  
5 ergibt sich durch Anwendung der erfindungsgemäßen Methode ein 3- $\sigma$ -Restfehler von 13.4 nm in X-Richtung bzw. 16.6 nm in Y-Richtung. Somit ist eine deutliche Verbesserung feststellbar.

Durch eine unmittelbare Anwendung des für ein Belichtungsfeld  
10 in den ersten Verfahrensschritten gemessenen Unterschiedes - versehen mit einem negativen Vorzeichen - als Korrekturwert für die Justageschritte ergibt sich eine weitere Verbesserung, wenn das erfindungsgemäße Verfahren im Rahmen einer Advanced Process Control (APC) Strategie für den  
15 gleichen Wafer angewendet wird, für welchen die Werte auch gemessen wurden.